



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 09 151 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/04**  
H 02 M 3/00

⑳ Aktenzeichen: 101 09 151.6  
㉔ Anmeldetag: 24. 2. 2001  
㉔ Offenlegungstag: 12. 9. 2002

**DE 101 09 151 A 1**

⑦① Anmelder:  
FLEXIVA automation & Anlagenbau GmbH, 09439  
Amtsberg, DE

⑦④ Vertreter:  
Kaufmann, S., Dr.-Ing., Dr.-Ing., habil, Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anw., 01309 Dresden

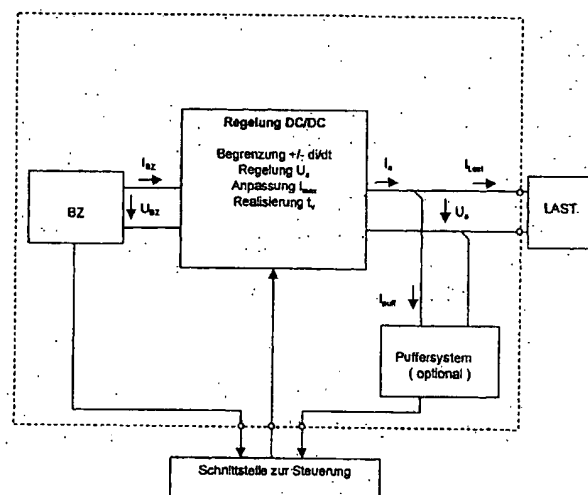
⑦② Erfinder:  
Kowitz, Joachim, 09123 Chemnitz, DE; Hollnagel,  
Rainer, 09439 Amtsberg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ System zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators. Nachteil bisheriger Lösungen ist es, daß die Anpassung der von der Brennstoffzelle abgegebenen Leistung nur auf einer Prozeßgröße oder nur einer Strom-/Spannungsmessung beruht. Ein weiterer Nachteil dieser Lösungen besteht darin, daß erst nach einer bestimmten Reaktionszeit plötzlich auftretende Lastsprünge ausgegeregelt werden, um so der Gefahr einer Gasverknappung zu begegnen. Demnach liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Lösung zu finden, die eine bessere Leistungsanpassung zwischen dem Ausgang einer Brennstoffzelle und einer Last ermöglicht, wobei Leistungseinschränkungen aufgrund plötzlicher Lastsprünge minimiert oder beseitigt werden sollen. Diese Aufgabe wird durch ein System zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators, das zumindest eine Brennstoffzelle, die einen Ausgangsstrom erzeugt, umfaßt und einen Abgabestrom erzeugt, der einem elektrischen Verbraucher zugeführt wird, wobei das System einen DC/DC-Regler zur Regelung von Ausgangsstrom ( $I_a$ ) und Ausgangsspannung ( $U_a$ ) aufweist, der den maximalen Ausgangsstrom ( $I_{max}$ ), der durch die Brennstoffzelle geliefert wird, in Abhängigkeit der Betriebsparameter der Brennstoffzelle regelt, die maximale Änderungsrate ( $di/dt$ ) des von der Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsstroms auf einen Wert zwischen einen ...



**DE 101 09 151 A 1**

## DE 101 09 151 A 1

1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators.

[0002] Brennstoffzellen ermöglichen die direkte Erzeugung von elektrischer Energie aus Wasserstoff und Sauerstoff mit einem erheblich besseren Wirkungsgrad und deutlich geringeren Schadstoffemissionen als herkömmliche Energieerzeuger. Die heute überwiegend verwendeten PEM-Brennstoffzellen sind für sich allein nicht betreibbar. Daher werden ein PEM-Brennstoffzellenblock, ein Betriebsteil und eine zugeordnete Modulelektronik zu einem PEM-Brennstoffzellen-Modul zusammengefaßt. Im Betriebsteil sind die Einrichtungen für die Versorgung mit Wasserstoff und Luft, für die Produktwasserabfuhr, für die Verlustwärmeabfuhr, für die Befeuchtung der Reaktanten und für die Separation der Gasverunreinigungen zusammengefaßt.

[0003] Beim Betrieb einer solchen Anlage ist allerdings die notwendige Dynamik für kurzzeitige und schnelle Laständerungen problematisch. Insbesondere beim Einsatz in Kraftfahrzeugen muß das Brennstoffzellensystem unmittelbar auf schnelle Belastungswechsel reagieren. Dabei muß es bei einer Geschwindigkeit des Fahrzeuges von 30 km/h ebenso wie von 150 km/h sowohl in der Ebene als auch bei Steigungen die notwendige Leistung abgeben.

[0004] Zur Anpassung der Leistung zwischen einer Brennstoffzelle und einer Last, d. h. einem elektrischen Verbraucher wie beispielsweise einem Kraftfahrzeugmotor, sind verschiedene Regelverfahren bekannt. Diese beruhen zum einen auf einem, die Brennstoffzelle speziell betreffenden Parameter auf dessen Grundlage die momentan verfügbare bzw. zulässige Leistung der Brennstoffzelle berechnet wird. Zum anderen wird eine Regelung der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstroms vorgenommen, die allerdings nur auf Strom- bzw. Spannungs- und Strommessungen gestützt ist.

[0005] Beispielsweise beschreibt DE 44 40 357 eine Gasverknappungsschutzschaltung für eine Brennstoffzellen-Energieerzeugungsanlage. Diese enthält neben der Gasverknappungsschutzeinheit eine Brennstoffzelle, einen Wechselrichter, eine Konstantspannungsregelschaltung und einen Überstrombegrenzer. Die Schutzeinheit enthält einen Berechnungsabschnitt zum Berechnen eines zulässigen Überstromwertes. Dieser wird auf der Grundlage eines Brennstoffnutzkoeffizienten und eines Ausgangsstroms der Brennstoffzelle berechnet. Ein Ansprechgeschwindigkeitssteuerteil beseitigt eine Übergangsschwankung des zulässigen Überstromwertes und gibt ein Überstromwertsignal aus. Die Überstrombegrenzungseinheit gibt an die Konstantspannungsregelschaltung ein Signal, welches den Überstrom unterdrückt, wenn der Ausgangsstrom der Brennstoffzelle den voreingestellten Überstromwert übersteigt.

[0006] DE 196 20 458 offenbart einen Brennstoffzellen-Leistungsgenerator mit einem Abgabesystem zum Verhindern einer Verschlechterung des Brennstoffzellenverhaltens aufgrund eines Brennstoffmangels. Dazu weist der Generator ein Abgabesteuersystem auf, der einen Ausgangssteuerungsregler zur Steuerung der Ausgangsleistung eines Wechselrichters so gut wie möglich auf einen Stromwert, der dem Ausgangsleistungs-Sollwert entspricht, eine Wechselrichter-Steuereinrichtung und einen Ausgangskorrekturabschnitt enthält. Der Ausgangskorrekturabschnitt enthält eine Berechnungseinheit zur Berechnung des maximal zur Verfügung stehenden Ausgangsleistungswertes der Brennstoffzelle auf der Basis der erfaßten Strömungsrate des in die Brennstoffzelle strömenden Gases oder des aus

2

der Brennstoffzelle ausströmenden Brennstoffabgases, eine Minimalwert-Einrichtung zur Auswahl des niedrigeren Wertes aus dem berechneten, maximal verfügbaren Ausgangsleistungswert oder dem Ausgangsleistungs-Sollwert, und einen Ausgangskorrekturregler für die Speisung des Ausgangssteuerungs-Reglers mit einem Signal zur Korrektur des Ausgangsleistungs-Sollwertes, damit der erfaßte Ausgangsstrom der Brennstoffzelle so gut wie möglich auf den Stromwert gesteuert wird, der dem von der Minimalwert-Wähleinrichtung abgegebenen Stromwert entspricht.

[0007] Nachteil dieser und weiterer vergleichbarer Lösungen ist es, daß die Anpassung der von der Brennstoffzelle abgegebenen Leistung nur auf einer Prozeßgröße, auch wenn es sich dabei um eine für die in der Brennstoffzelle ablaufenden Vorgänge wesentliche Prozeßgröße handelt, oder nur einer Strom-/Spannungsmessung beruht. Dies ist jedoch für eine optimale Leistungsanpassung nicht ausreichend, da für eine sichere Betriebsweise aufgrund der komplexen Abläufe in dem Brennstoffzellensystem eine Beschränkung auf die Messung eines einzelnen Parameters nicht ausreichend ist. Als Prozeßgrößen werden entweder nur der Massenstrom der Reaktionsluft oder die Volumenströme des Brenngases und/oder des Abgases herangezogen.

[0008] Ein weiterer Nachteil dieser Lösungen besteht darin, daß erst nach einer bestimmten Reaktionszeit plötzlich auftretende Lastsprünge ausgeglichen werden, um so der Gefahr einer Gasverknappung zu begegnen. Das hat jedoch zur Folge, daß eine zumindest kurzzeitige Leistungseinschränkung zum Verbraucher hin erfolgt.

[0009] Es ist daher Ziel der vorliegenden Erfindung, die oben beschriebenen Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. Dabei steht die Aufgabe, eine Lösung zu finden, die eine bessere Leistungsanpassung zwischen dem Ausgang einer Brennstoffzelle und einer Last ermöglicht, wobei Leistungseinschränkungen aufgrund plötzlicher Lastsprünge minimiert oder beseitigt werden sollen.

[0010] Erfindungsgemäß wird dies durch ein System zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators mittels der im kennzeichnenden Teil wiedergegebenen Merkmale gelöst. Somit wird – unter Bezugnahme auf Fig. 1 – ein System erhalten, das zumindest eine Brennstoffzelle, die einen Ausgangsgleichstrom erzeugt, umfaßt und einen Abgestrom erzeugt, der einem elektrischen Verbraucher zugeführt wird, wobei das System einen DC/DC-Regler zur Regelung von Ausgangsstrom ( $I_a$ ) und Ausgangsspannung ( $U_a$ ) aufweist, der den maximalen Ausgangsgleichstrom ( $I_{max}$ ), der durch die Brennstoffzelle geliefert wird, in Abhängigkeit der Betriebsparameter der Brennstoffzelle regelt, die maximale Änderungsrate ( $di/dt$ ) des von der Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms auf einen Wert zwischen einem Maximalwert und Null begrenzt, die Ausgangsspannung des durch die Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms bis zum Erreichen der Stromgrenze konstant hält und die Ausgangsspannung beim Erreichen der Stromgrenze senkt.

[0011] Mittels dieses Systems können die wesentlichen Betriebsparameter der Brennstoffzelle bei der Regelung des Ausgangsstroms und der Ausgangsspannung berücksichtigt werden, so daß eine optimale Anpassung an die Eigenschaften der Brennstoffzelle möglich ist. Wesentliche Betriebsparameter sind unter anderem die Temperatur, die Reaktionszeiten, die Feuchte und der Druck, das heißt, mittels des erfindungsgemäßen Systems wird der Maximalstrom in Abhängigkeit dieser Parameter geregelt.

[0012] Durch die Begrenzung der maximalen Änderungsrate  $di/dt$  des Brennstoffzellenstromes zwischen einem Maximalwert und Null wird weiterhin eine Zeitabhängigkeit des Brennstoffzellenstromes realisiert. Die Strombegrenzung

## DE 101 09 151 A 1

3

wird so durch eine variable Stromanstiegsbegrenzung ergänzt, was das Brennstoffzellensystem bei maximaler Leistungsabgabe optimal schützt. Dabei erfolgt die Begrenzung für Anstieg und Abfall getrennt.

[0013] Die Spannung am Ausgang  $U_a$  wird mittels des DC/DC-Reglers bis zum Erreichen der Strombegrenzung konstant gehalten. Mit Erreichen der Stromgrenze wird diese gesenkt.

[0014] Vorzugsweise umfaßt das System weiterhin ein Puffersystem, das dem DC/DC-Regler nachgeschaltet ist, so daß bei Lastanforderungen, die höher als die von der Brennstoffzelle momentan lieferbare Energie sind, der Differenzbetrag durch Spannungsabsenkung aus dem Puffersystem geliefert wird. Das Puffersystem sollte parallel zum elektrischen Verbraucher geschaltet sein. Bei der Verwendung eines solchen Energiepuffers stellt sich  $U_a$  entsprechend der Charakteristik des Puffersystems ein, wobei die Summe aus  $I_a$  und  $I_{\text{puff}}$  den Strombedarf  $I_{\text{Last}}$  des elektrischen Verbrauches (Last) decken.

[0015] Vorzugsweise wird das Puffersystem mit von der Brennstoffzelle gelieferter Ausgangsspannung ( $U_a$ ) im Teillastbetrieb der Brennstoffzelle regeneriert. Um einen Rückstrom in die Brennstoffzelle zu verhindern, sollte der DC/DC-Regler eine Rückstromsperre aufweisen.

[0016] Gegebenenfalls sollte mittels des DC/DC-Reglers eine Verzögerungszeit ( $t_v$ ) einstellbar sein. Diese Verzögerungszeit entspricht der notwendigen Reaktionszeit der Brennstoffzelle auf eine erhöhte Lastanforderung.

[0017] Das dargestellte System ist selbstverständlich nicht nur für eine einzelne Brennstoffzelle, sondern auch für mehrere Brennstoffzellen verwendbar, die parallel geschaltet sind.

[0018] Das erfindungsgemäße System bietet somit mehrere Vorteile. Aufgrund der komplexen Berücksichtigung aller relevanten Betriebsparameter ist eine optimale und sichere Leistungsanpassung zwischen dem Ausgang einer Brennstoffzelle und einem elektrischen Verbraucher möglich. Bei der Einbeziehung eines Energiepuffers können plötzlich auftretende Lastspitzen, die durch die Brennstoffzelle selbst nicht sofort ausgeglichen werden können, kompensiert werden. Ist die Lastanforderung größer als die von der Brennstoffzelle momentan lieferbare Energie, kann der Differenzbetrag automatisch durch Spannungsabsenkung aus dem Puffer ohne Rückwirkung auf die Brennstoffzelle bezogen werden. Überdies besteht die Möglichkeit der Energierückgewinnung aus generatorischem Betrieb, wenn elektromotorische Antriebe plötzlich abgebremst werden. Ein Rückstrom in die Brennstoffzelle wird durch die Rückstromsperre (z. B. Diode) verhindert.

[0019] Überdies kann der Energiepuffer die zum Start der Brennstoffzelle benötigte Energie bereitstellen. Treten Fehler innerhalb der Brennstoffzelle oder dem Brennstoffzellen-Management auf, beispielsweise bei der Bereitstellung der Reaktionsmedien, kann eine Einspeisung zeitlich begrenzt aufrechterhalten werden, was aus Sicherheitsgründen notwendig sein kann. Das betrifft beispielsweise Notfunktionen, geregeltes Herunterfahren bzw. Abschalten von Anlagenteilen oder Geräten oder das Fahren in gefahrlose Endlagen.

[0020] In dem DC/DC-Regler kann, wenn dies im verfahrenstechnischem Management der Brennstoffzelle nicht vorgesehen ist, eine für den Brennstoffzellentyp und die technischen Parameter der Brennstoffzelle speziell zugeschnittene Kennlinie bzw. ein speziell zugeschnittenes Kennlinienfeld hinterlegt werden. Zur optimalen Anpassung der Kennlinie bzw. zur optimalen Auswahl einer Kennlinie aus hinterlegten Kennlinienfeldern bezüglich des momentanen Betriebsverhaltens der Brennstoffzelle können

4

alle oder ausgewählte verfahrenstechnische Parameter als weitere Eingangsgrößen zur Beeinflussung des Kennlinienanstieges verwendet werden. Die Eingangsgrößen werden dabei durch Auswahlverfahren (Vergleiche) für den sichersten Betrieb der Brennstoffzelle ausgewählt.

[0021] Bei Überlast, beispielsweise Kurzschluß, oder Fehlfunktionen der Brennstoffzelle kann zum Schutz der Brennstoffzelle bei Unterschreitung eines einstellbaren Minimalwertes  $U_{\text{min}}$  eine, durch einen geeigneten Entscheidungsalgorithmus veranlaßte, galvanische und/oder technologische Abschaltung durch Zufuhrunterbrechung der Reaktionsgase erfolgen. Eine derartige Abschaltung durch Auswertung des Kurzschlußstromes ist durch ein geeignetes Speicherglied (Flip-Flop) möglich, da der auftretende Stromimpuls nur für eine Zeitdauer von ca. 2 ms meßbar ist (vgl. DE 40 34 183, DE 44 40 357).

[0022] Der DC/DC-Regler kann als Tiefsetzer ( $U_{\text{BZ}} > U_a$ ) oder als Hochsetzer ( $U_{\text{BZ}} < U_a$ ) fungieren.

[0023] Das beschriebene System kann im Inselbetrieb zur Erzeugung eines Gleichstrom- und/oder Wechselstromnetzes dienen. Soll das Brennstoffzellensystem als Konstantspannungs- bzw. Wechselstromgenerator arbeiten, ist die Nachschaltung eines entsprechenden DC/DC-Wandlers bzw. eines Wechselrichters notwendig. Eine Einspeisung des erzeugten Stromes in ein schon vorhandenes Gleich- oder Wechselstromnetz ist somit möglich.

[0024] Dem erfindungsgemäßen System liegt folgendes Verfahren zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators zugrunde: Mittels eines DC/DC-Reglers werden Ausgangsstrom ( $I_a$ ) und Ausgangsspannung ( $U_a$ ) und der maximale Ausgangsgleichstrom ( $I_{\text{max}}$ ), der durch die Brennstoffzelle geliefert wird, in Abhängigkeit der Betriebsparameter der Brennstoffzelle geregelt, wobei die maximale Änderungsrate ( $di/dt$ ) des von der Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms auf einen Wert zwischen einem Maximalwert und Null begrenzt, die Ausgangsspannung des durch die Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms bis zum Erreichen der Stromgrenze konstant gehalten und die Ausgangsspannung beim Erreichen der Stromgrenze gesenkt wird. Das Verfahren kann ein Puffersystem umfassen, daß bei Lastanforderungen, die höher als die von der Brennstoffzelle momentan lieferbare Energie sind, den Differenzbetrag durch Spannungsabsenkung über ein Puffersystem liefert. Dabei sollte das Puffersystem mit von der Brennstoffzelle gelieferter Ausgangsspannung ( $U_a$ ) regeneriert werden. Ein Rückstrom in die Brennstoffzelle sollte mittels einer im DC/DC-Regler integrierten Rückstromsperre (z. B. Diode) verhindert werden.

[0025] Vorzugsweise wird eine Verzögerungszeit ( $t_v$ ) eingestellt, die der Reaktionszeit der Brennstoffzelle auf eine erhöhte Lastanforderung entspricht.

[0026] System und Verfahren der vorliegenden Erfindung sind universell für alle Arten von Brennstoffzellen sowie für die Versorgung einer breiten Verbraucherpalette anwendbar und nicht auf spezielle Anwendungen beschränkt. Sie gewährleisten eine weitestgehend optimale Leistungsanpassung unter Berücksichtigung der Faktoren maximale Leistung bzw. maximaler Strom, Stromanstiegsgeschwindigkeit und Totzeitverhalten ohne Beeinträchtigung der Lastanforderung. Im Normalbetrieb wird der Verbraucher direkt aus der Brennstoffzelle gespeist. Im Falle plötzlicher Leistungsanforderungen kann eine optimale ("weiche") Leistungsaufteilung zwischen Brennstoffzelle und Energiespeicher erfolgen. Bei dem Energiespeicher kann es sich beispielsweise um eine Batterie handeln. Das Regelregime ist so gestaltet, daß die Gefahr einer Gasverknappung ausgeschlossen ist, das heißt, daß jederzeit ein Schutz der Brenn-

## DE 101 09 151 A 1

5

6

stoffzelle hinsichtlich Überlast und Fehlfunktionen gewährleistet wird.

[0027] Damit ist die Erfindung aufgrund ihrer guten Dynamik als Energiequelle für Fahrtriebe geeignet. Bei diesen wie bei den Anwendungen, für die eine toleranzbehaftete Gleichspannung nur eine untergeordnete Rolle spielt, ist eine direkte Anschaltung an das System möglich. Das Regelsystem ist als Blockschaltbild in Fig. 1 dargestellt.

[0028] System und Verfahren werden nachstehend unter Bezug auf die Fig. 2 anhand eines Beispiels näher erläutert. Fig. 2 zeigt das Verhalten des Systems bei Lastwechsel und dessen Einfluß auf den von der Brennstoffzelle gelieferte Leistung.

[0029] Bei Zuschaltung eines leistungsstarken Verbrauchers erfolgt ein sprunghaftes Anwachsen des Laststromes (von  $I_{Last1}$  auf  $I_{Last2}$ ). Je nach Typ und Eigenschaften der Brennstoffzelle wird eine Verzögerungszeit am DC/DC-Regler eingestellt, nach deren Ablauf der Ausgangsstrom des DC/DC-Reglers ( $I_a$ ) mit der vorgegebenen, dem Betriebszustand der Brennstoffzelle entsprechenden Stromanstiegsgeschwindigkeit ( $VI$ ) bis auf den Wert des Laststromes ansteigt. Während der rampenförmigen Änderung des Ausgangsstromes des DC/DC-Reglers wird die Ausgangsspannung soweit gesenkt, daß nur der zulässige Strom fließen kann. Es wirkt also eine dynamische Strombegrenzung. Bei Verwendung eines nachgeschalteten Energiepuffers stellt sich während der rampenförmigen Änderung des Ausgangsstromes und der damit verbundenen Senkung der Ausgangsspannung am DC/DC-Regler ein gemeinsamer Arbeitspunkt ein, so daß der Laststrom bei geringfügig gesenkter Ausgangsspannung voll fließen kann und sich im Zeitraum der Stromanstiegsgrenzung aus dem maximal zulässigen Strom der Brennstoffzelle ( $I_{BZ}$ ) und dem Strom aus dem Energiepuffer ( $I_{puff}$ ) zusammensetzt. Erreicht der Ausgangsstrom des DC/DC-Reglers den Wert des Laststromes ( $I_a = I_{Last}$ ), so stellt sich am DC/DC-Regler der Nennwert der Ausgangsspannung ( $U_a$ ) ein. Damit wird der Laststrombedarf allein von der Brennstoffzelle gedeckt und der Energiepuffer (sofern vorhanden) wird regeneriert.

[0030] Im Interesse maximaler Dynamik der Leistungsanpassung der Brennstoffzelle an die Anforderungen der Last sind eine minimale (oder keine) Verzögerungszeit ( $t_v$ ), eine maximale Stromanstiegsgeschwindigkeit ( $di/dt$ ) und die größtmögliche Strombegrenzung ( $I_{max}$ ) anzustreben und dem DC/DC-Regler als Steuerparameter vorzugeben.

[0031] Das geregelte Abschalten ist gemäß einem abfallenden Kennlinienast dargestellt.

[0032] Dabei wird eine sprunghafte Minderung des Laststromes ( $I_{Last}$ ) angenommen. Je nach Typ der Brennstoffzelle kann dies zu negativen Auswirkungen auf die Arbeitsweise führen. Demzufolge kann für die Stromabfallgeschwindigkeit ( $VI_{min}$ ) ein Wert vorgegeben werden, der die Brennstoffzelle diesbezüglich schützt. Hierbei erhöht sich die Ausgangsspannung am DC/DC-Regler, um den Strom entsprechend der vorgegebenen abfallenden Kennlinie zu treiben. Ist kein Energiepuffer vorhanden bzw. das Speichervermögen des vorhandenen Puffers nicht groß genug, den Strom im Bereich der zulässigen Ausgangsspannung ( $U_a$ ) aufzunehmen, so erfolgt die Stromableitung über eine geeignete Vorrichtung zur Spannungsbegrenzung (z. B. Varistor).

Die verwendeten Symbole haben folgende Bedeutung

$I_a$  Ausgangsstrom  
 $U_a$  Ausgangsspannung  
 $I_{BZ}$  von der Brennstoffzelle gelieferter Strom  
 $U_{BZ}$  von der Brennstoffzelle gelieferte Spannung

$I_{Last}$  Laststrom

$I_{puff}$  Strom des Energiepuffers

$I_{max}$  maximaler Ausgangsstrom

$t_v$  Einstellzeit, Zeit die vergeht, bis BZS die von der Last benötigte Leistung liefert

$t_v$  Verzögerungszeit bis BZS zum Lastanstieg bereit ist

$Z_1, Z_2$  Betriebszustand des BZS, als Basis für die Ermittlung der Stellgrößen genutzt

$VI_{max}$  Maximale Stromanstiegsgeschwindigkeit

$VI_{min}$  Maximale Stromabfallgeschwindigkeit

#### Patentansprüche

1. System zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators, das zumindest eine Brennstoffzelle, die einen Ausgangsgleichstrom erzeugt, umfaßt und einen Abgabestrom erzeugt, der einem elektrischen Verbraucher zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das System einen DC/DC-Regler zur Regelung von Ausgangsstrom ( $I_a$ ) und Ausgangsspannung ( $U_a$ ) aufweist, der den maximalen Ausgangsgleichstrom ( $I_{max}$ ), der durch die Brennstoffzelle geliefert wird, in Abhängigkeit der Betriebsparameter der Brennstoffzelle regelt, die maximale Änderungsrate ( $di/dt$ ) des von der Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms auf einen Wert zwischen einem Maximalwert und Null begrenzt, die Ausgangsspannung des durch die Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms bis zum Erreichen der Stromgrenze konstant hält und die Ausgangsspannung beim Erreichen der Stromgrenze senkt.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin ein Puffersystem umfaßt, das dem DC/DC-Regler nachgeschaltet ist, so daß bei Lastanforderungen, die höher als die von der Brennstoffzelle momentan lieferbare Energie sind, der Differenzbetrag durch Spannungsabsenkung aus dem Puffersystem geliefert wird.

3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Puffersystem parallel zum elektrischen Verbraucher geschaltet ist.

4. System nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Puffersystem mit von der Brennstoffzelle gelieferter Ausgangsspannung ( $U_a$ ) regeneriert wird.

5. System nach Anspruch 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der DC/DC-Regler einen Rückstrom in die Brennstoffzelle verhindert.

6. System nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels des DC/DC-Reglers eine Verzögerungszeit ( $t_v$ ) des Stromanstiegs einstellbar ist.

7. Verfahren zur Regelung der Ausgangsgrößen eines Brennstoffzellen-Strom- oder -Spannungsgenerators, das zumindest eine Brennstoffzelle, die einen Ausgangsgleichstrom erzeugt, umfaßt und einen Abgabestrom erzeugt, der einem elektrischen Verbraucher zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels eines DC/DC-Reglers Ausgangsstrom ( $I_a$ ) und Ausgangsspannung ( $U_a$ ) und der maximale Ausgangsgleichstrom ( $I_{max}$ ), der durch die Brennstoffzelle geliefert wird, in Abhängigkeit der Betriebsparameter der Brennstoffzelle geregelt werden, wobei die maximale Änderungsrate ( $di/dt$ ) des von der Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms auf einen Wert zwischen einem Maximalwert und Null begrenzt, die Ausgangsspannung des durch die Brennstoffzelle gelieferten Ausgangsgleichstroms bis zum Erreichen der

## DE 101 09 151 A 1

7

8

Stromgrenze konstant gehalten und die Ausgangsspannung beim Erreichen der Stromgrenze gesenkt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin ein Puffersystem umfaßt, daß bei Lastanforderungen, die höher als die von der Brennstoffzelle momentan lieferbare Energie sind, der Differenzbetrag durch Spannungsabsenkung über ein Puffersystem geliefert wird. 5

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Puffersystem mit von der Brennstoffzelle gelieferter Ausgangsspannung ( $U_a$ ) regeneriert wird. 10

10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rückstrom in die Brennstoffzelle mittels einer im DC/DC-Regler realisierten Schaltung verhindert wird. 15

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verzögerungszeit ( $t_v$ ) eingestellt wird, die der notwendigen Reaktionszeit der Brennstoffzelle auf eine erhöhte Lastanforderung entspricht. 20

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

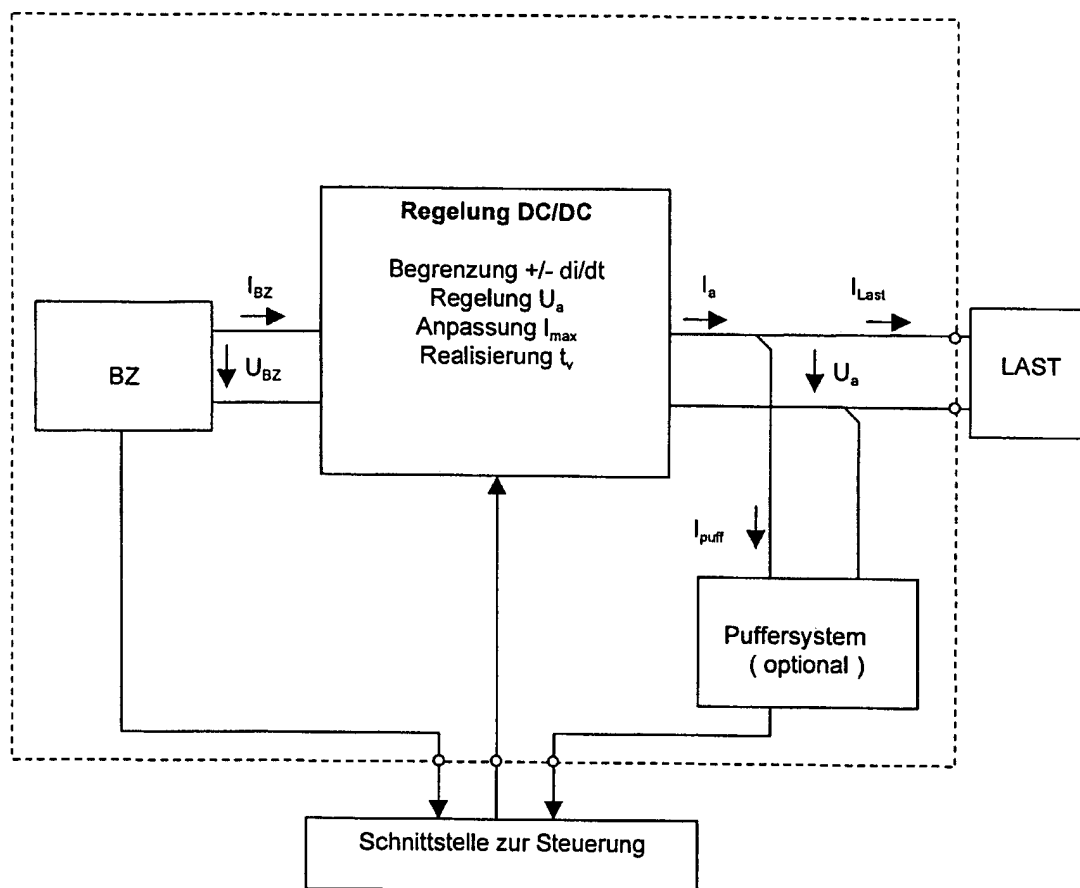
65

- Leerseite -

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

**DE 101 09 151 A1**  
**H 01 M 8/04**  
12. September 2002

**Fig.1**

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 101 09 151 A1  
H 01 M 8/04  
12. September 2002

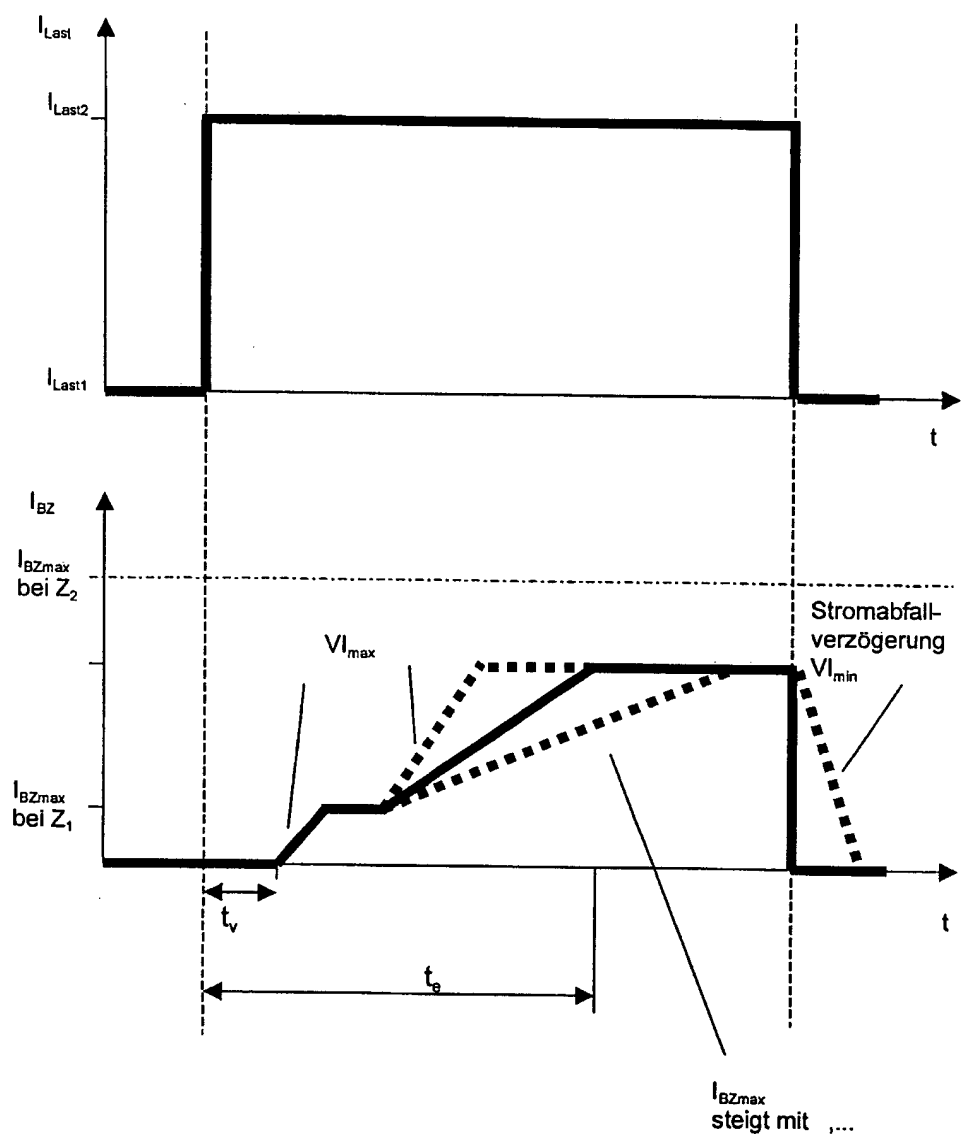


Fig. 2